

VARIACIONES Y TENDENCIAS CONTEMPORÁNEAS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA Y AMPLITUD TÉRMICA DIARIA EN EL NE DE ESPAÑA

M. BRUNET, E. AGUILAR, O. SALADIE, J. SIGRÓ y D. LÓPEZ
Grupo Cambio Climático. Unidad Geografía. U.R.V. TARRAGONA

RESUMEN

Esta comunicación tiene como finalidad evaluar las variaciones y tendencias a largo plazo de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria en Cataluña durante el presente siglo. A diferencia de lo detectado a escalas espaciales mayores, la región catalana presenta una mayor tendencia a largo plazo de las temperaturas diurnas respecto de las nocturnas, con el consiguiente ligero y no significativo incremento de la amplitud térmica diaria.

Palabras clave: Temperatura máxima, temperatura mínima, amplitud térmica diaria, NE de España, variaciones y tendencias.

ABSTRACT

This paper aims to estimate the variations and time trends of the mean maximum and minimum temperatures and diurnal temperature range in the NE of Spain during the present century. In controversy with the detected in a bigger spatial scale, the Catalan region has a higher and positive time trend in the maximum temperature respect to the minimum temperature, with a subsequent weak and no significant increase in the diurnal temperature range.

Key words: Maximum Temperature, Minimum Temperature, Diurnal Temperature Range, NE of Spain, Variations and Time Trends.

INTRODUCCIÓN

Una vez proporcionadas las primeras evidencias del calentamiento global que ha caracterizado la evolución reciente del planeta, mediante la puesta a punto y el análisis de nuevas, objetivas y más extensas bases de datos climáticos (JONES *et al.*, 1986, 1994; HANSEN y LEBEDEFF, 1987; VINNIKOV *et al.*, 1990), se ha producido información encaminada a establecer una tendencia diferencial en la tasa de incremento térmico registrado por los parámetros extremos de la temperatura diaria.

En efecto, a pesar de las dificultades que subyacen a la hora de evaluar las tendencias temporales de las temperaturas máximas y mínimas diarias, relacionadas principalmente con la escasez de bases de datos que recopilen información mensual de esas variables, desde inicios de los noventa se han

presentado pruebas de la tendencia asimétrica en el cambio temporal de las temperaturas diarias, que ha conducido a una clara disminución de la tendencia de la amplitud térmica diaria. Un conjunto de evidencias de este patrón diferencial han sido detectadas tanto a escala global y/o hemisférica (KARL *et al.*, 1991, 1993), como a escala regional (JONES, 1992) y local (BUCHER y DESSENS, 1991).

El incremento temporal en la tendencia de la temperatura mínima diaria, para una red meteorológica representativa del 37% de las superficies continentales, ha sido tres veces superior al registrado por las temperaturas máximas diarias. Ello, ha conllevado un decrecimiento de la amplitud térmica diaria de aproximadamente igual al incremento de la temperatura media a escala global (KARL *et al.*, 1993).

Pese al efecto de disminución de la amplitud térmica diaria detectado a gran escala, algunas regiones reflejan un flojo incremento de la variable, es el caso del centro de Canadá y de la mayor parte del sudeste de Australia, a la vez que se han observado variaciones estacionales y espaciales en las tasas de decrecimiento: en Japón y China la disminución es inexistente o floja durante el verano, en Estados Unidos es débil durante la primavera, en la ex Unión Soviética durante el invierno, sobre Sudán lo es en verano, en Sudáfrica durante el otoño y en el conjunto de Australia durante el verano (KARL *et al.*, 1993:1009).

En la presente comunicación, se evalúan las variaciones y tendencia a largo plazo de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria en la región catalana durante el presente siglo, con la finalidad de caracterizar la evolución temporal de los parámetros extremos de la temperatura diaria en la región y testar la existencia o no de una respuesta diferencial al patrón temporal caracterizado a escala global. Para ello, primero se expondrán los datos utilizados y las técnicas de análisis, para con posterioridad describir las variaciones y tendencias que presentan las variables estudiadas en Cataluña.

1. DATOS Y TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

Del I.N.M. se obtuvieron en formato digital las series temporales correspondientes a los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas diarias de un amplio grupo de observatorios meteorológicos del NE de España. Previo un proceso riguroso de control de calidad y homogeneización de los registros seleccionados, se construyó una base de datos homogeneizada mediante la aplicación de la prueba SNHT (Standard Normal Homogeneity Test) (ALEXANDERSSON y MOBERG, 1997). La aplicación de esta prueba se aborda para Cataluña en LÓPEZ *et al.* (1999) y se desarrolla y discute su implementación en AGUILAR *et al.* (1999).

La base de datos homogeneizada de la región catalana incorpora información mensual de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria de un grupo de 17 estaciones distribuidas por el territorio catalán. Las series homogeneizadas fueron convertidas en nuevas series de anomalías absolutas, respecto del período 1961-90, y combinadas, para obtener promedios espaciales representativos de la región catalana, en una malla de retículas regulares de 1°x1° de latitud/longitud que cubre el conjunto de la región. Asimismo, se hizo uso del algoritmo de agregación espacial ponderada desarrollado por el grupo de investigación del CRU (JONES *et al.*, 1986). Para obtener una más precisa información sobre el método de combinación regional de registros climáticos utilizados en este estudio véase BRUNET *et al.* (1999).

De los promedios mensuales de las temperaturas máximas y mínimas diarias se han calculado las medias estacionales y anuales, con las que se examinarán las variaciones y tendencias térmicas registradas por ambas variables en la región de estudio para el período 1913-1998. Los promedios mensuales de la amplitud térmica diaria (ATD) han sido definidos como la diferencia entre la media mensual de la temperatura máxima y de la temperatura mínima. A partir de éstos, se han calculado las medias estacionales y anuales de la ATD.

Para establecer las variaciones temporales, en base anual y estacional, de la temperatura máxima, mínima y ATD se han construido los promedios espaciales de las anomalías absolutas de esas variables, siendo suavizadas con un filtro simple consistente en el cálculo de una media móvil de siete años, que tiende a suavizar variaciones interanuales de duración inferior.

Asimismo, para estimar la tendencia temporal de los datos se ha calculado la tendencia térmica total del período analizado (1913-1998) para cada una de las variables y promedios anuales y estacionales establecidos, mediante la estimación de su tendencia lineal simple.

Además, para determinar los puntos de cambio en la tendencia total y con ello contribuir a caracterizar subperíodos de incremento y decremento térmico con los que configurar cuantitativamente fases temporales de distinto comportamiento, se ha procedido a implementar el método de regresión en dos fases utilizado por Solow para detectar cambios abruptos en la tendencia de una serie temporal (SOLOW, 1987).

En el siguiente apartado, se expondrán los resultados obtenidos tras el análisis de las variaciones y tendencias térmicas registradas por las variables analizadas.

2. LAS VARIACIONES Y TENDENCIAS TEMPORALES DE LA TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA Y AMPLITUD TÉRMICA DIARIA EN CATALUÑA

Tras el tratamiento de los datos y el análisis de los promedios espaciales de las anomalías absolutas de las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria en la región catalana durante el presente siglo, se ha obtenido el patrón espacial y estacional de las tendencias actuales estimadas en base anual durante el período 1913-1998. Los coeficientes anuales y estacionales de la tendencia total de las tres variables analizadas se ofrecen en el Cuadro nº I.

	TENDENCIAS TOTALES (TOT)				
	D-E-F	M-A-M	J-J-A	S-O-N	Anual
MAX	0,660	0,641	0,629	0,573	0,535*
MIN	0,719	-0,179	0,257	0,253	0,318
ATD	-0,058	0,779*	0,397	0,315	0,217

(*) Nivel de significación del 95%

Cuadro I. Tendencias totales (TOT) del promedio anual y estacional de las temperaturas máximas (MAX), mínimas (MIN) y amplitud térmica diaria (ATD) en Cataluña (TOT = Tendencia total (°C) = Coeficiente de tendencia × número de años) (Período 1913-98)

De su lectura se desprende la ratio diferencial de calentamiento entre las temperaturas máximas y mínimas. Pese a que ambos parámetros presentan tendencias positivas, tan sólo la temperatura máxima ha obtenido los niveles de significación adoptados, además de ser la que ha alcanzado el valor más alto. Consecuentemente, la ATD presenta una ligera y no significativa tendencia al incremento en desacuerdo con los resultados obtenidos a escala global, aunque consistente con los registrados en otras regiones (KARL et al. 1991, 1993).

El patrón estacional de las temperaturas máximas evidencia una similar contribución al cómputo anual de la tendencia a largo plazo, destacando ligeramente la estación invernal, seguida de la primavera, el verano y el otoño. Respecto a los coeficientes de tendencia de las temperaturas mínimas, el moderado incremento térmico a largo plazo depende en gran medida del fuerte incremento registrado durante los inviernos, mientras que los veranos y otoños obtienen bajos valores y la primavera presenta una floja tendencia negativa. Sin embargo, ninguna de estas estimaciones alcanza los niveles de significación seleccionados.

Por consiguiente, se ha inducido un ligero y no significativo incremento del ATD en base anual. Éste se deriva de la primavera, al obtener una tendencia positiva que evidencia un significativo incremento temporal de la variable. Asimismo, verano y otoño presentan débiles tendencias al incremento no significativas. Tan sólo durante el invierno, en el que las temperaturas mínimas alcanzan unas estimaciones ligeramente superiores a las máximas, se registra una reducida, aunque no significativa, disminución del rango diario.

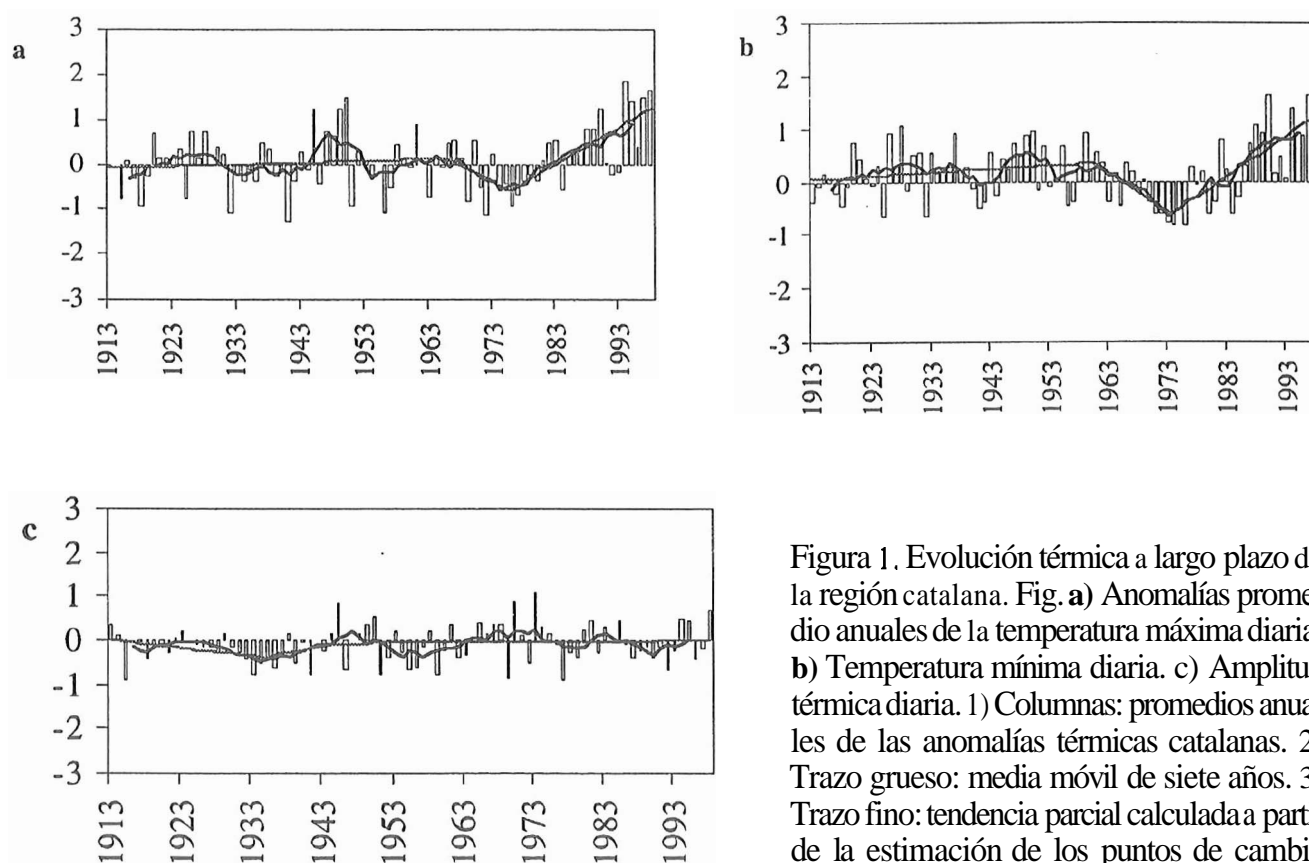


Figura 1. Evolución térmica a largo plazo de la región catalana. Fig. a) Anomalías promedio anuales de la temperatura máxima diaria. b) Temperatura mínima diaria. c) Amplitud térmica diaria. 1) Columnas: promedios anuales de las anomalías térmicas catalanas. 2) Trazo grueso: media móvil de siete años. 3) Trazo fino: tendencia parcial calculada a partir de la estimación de los puntos de cambio

Ahora bien, las tendencias estimadas a largo plazo enmascaran las variaciones temporales existentes, ya que su evolución no ha sido uniforme ni gradual, al incorporar subperíodos de distinto comportamiento térmico. En la Figura 1 a, b, c puede observarse el comportamiento temporal de los promedios anuales de las anomalías térmicas catalanas para las temperaturas máximas, mínimas y amplitud térmica diaria respectivamente.

Del examen de las gráficas anteriores y de los Cuadros II, III y IV, en el que se recogen los coeficientes de las tendencias parciales de los promedios anuales y estacionales de las temperaturas máximas, mínimas y ATD para el grupo de períodos seleccionados a partir del establecimiento de los puntos de cambio en la tendencia total, se evidencian la existencia de períodos y fases de distinto comportamiento térmico y diferente signo y valor de las tendencias parciales estimadas.

	<i>TENDENCIAS PARCIALES POR SUBPERÍODOS</i>					
	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración
ANUAL	0,0043	1913-65	-0,0731	1966-75	0,0819**	1976-98
INVIERNO	-0,0342	1913-32	0,0064	1933-86	0,1356	1987-98
PRIMAVERA	0,0124	1913-64	-0,1095*	1965-78	0,1613**	1979-98
VERANO	0,0682	1913-27	-0,0141	1928-76	0,0768*	1977-98
OTOÑO	0,0253	1913-48	-0,0291	1949-74	0,0505	1975-98

(*) Nivel de significación del 95%

(**) Nivel de significación del 99%

Cuadro nº II. Coeficientes de tendencia de los promedios anuales y estacionales de la temperatura máxima diaria en el NE peninsular para períodos seleccionados.

La configuración de una fuerte y sostenida tendencia positiva, que arranca desde mediados de los setenta y perdura hasta el presente, constituye el hecho más destacable y altamente significativo de la evolución temporal de las temperaturas máximas y mínimas diarias. En este tramo final los promedios anuales de las anomalías de las temperaturas máximas se han incrementado en 1,88 °C/22 años, mientras que las temperaturas mínimas han aumentado en 1,91 °C/24 años. Estas estimaciones revelan el significativo incremento térmico final que ha caracterizado la evolución temporal reciente de las temperaturas diurnas y nocturnas en la región, similar al detectado en las temperaturas medias diarias (BRUNET *et al.*, 1999).

La amplitud térmica diaria no presenta tendencia ni cambios significativos en el subperíodo final descrito de fuerte incremento térmico, dado el análogo signo y valor de las tendencias que han registrado las temperaturas máximas y mínimas. Por el contrario, desde mitades de los años treinta hasta el final del período se ha detectado un reducido incremento del ATD, que contrasta con el estimado a mayores escalas (Cuadro IV).

	<i>TENDENCIAS PARCIALES POR SUBPERÍODOS SELECCIONADOS</i>					
	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración
ANUAL	0,0062	1913-60	-0,074**	1961-73	0,0763**	1974-98
INVIERNO	-0,0212	1913-43	0,0086	1944-88	0,2370*	1989-98
PRIMAVERA	0,0168**	1913-60	-0,1399*	1961-72	0,0694**	1973-98
VERANO	0,0193*	1913-49	-0,057**	1950-72	0,0800**	1973-98
OTOÑO	0,0104	1913-63	-0,1278	1964-73	0,0804**	1974-98

(*) Nivel de significación del 95%

(**) Nivel de significación del 99%

Cuadro nº III. Coeficientes de tendencia de los promedios anuales y estacionales de la temperatura mínima diaria en el NE peninsular para períodos seleccionados

	<i>TENDENCIAS PARCIALES POR SUBPERÍODOS SELECCIONADOS</i>					
	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración	°C año ⁻¹	Duración
ANUAL	-0,0179	1913-34	0,0311	1935-44	0,0011	1945-98
INVIERNO	-0,0332	1913-32	0,0615	1933-43	-0,0083	1944-98
PRIMAVERA	-0,0292	1913-32	0,0096	1933-88	0,1359	1989-98
VERANO	-0,0052	1913-59	0,0662	1960-69	-0,0128	1970-98
OTOÑO	0,00995	1913-78	-0,0929	1979-88	0,1159*	1989-98

(*) Nivel de significación del 95%

(**) Nivel de significación del 99%

Cuadro nº IV. Coeficientes de tendencia de los promedios anuales y estacionales de la amplitud térmica diaria en el NE peninsular para períodos seleccionados

Otro subperíodo de tendencia y comportamiento térmico temporal inverso al descrito anteriormente se configura, significativamente, en el caso de las temperaturas mínimas, entre mediados de los decenios de los sesenta y setenta, determinando una fase fría que concuerda con las establecidas a otras escalas. En efecto, en este subperíodo las temperaturas mínimas registran los más bajos valores del registro temporal, con un coeficiente de tendencia de -0.074 °C año⁻¹ (Cuadro nº III), mientras que las temperaturas máximas obtienen un coeficiente no significativo de -0.073 °C año⁻¹ (Cuadro nº II). El semejante signo y magnitud de las tendencias de ambas variables hace que el ATD presente una reducidísima tendencia positiva.

Por el contrario, desde inicios de la serie hasta mitades de los sesenta, las temperaturas mínimas, especialmente, y las temperaturas máximas presentan ligeras, pero no significativas tendencias positivas, que manifiestan un débil incremento térmico e incorporan una pequeña fase cálida en la década de los cuarenta. El mayor incremento de las temperaturas mínimas en este subperíodo determina una disminución temporal no significativa en el valor de la tendencia de la amplitud térmica diaria (Cuadros II, III, IV y Fig. 1 a, b, c).

Para establecer la contribución relativa con la que participan las estaciones del año en la configuración del patrón anual y de los subperíodos de distinto comportamiento térmico con él establecidos, se han analizado las anomalías promedio estacionales correspondientes a los tres variables analizadas. En la Figura 2 a, b, c y d, figura la evolución temporal de los promedios estacionales de las anomalías catalanas de la temperatura máxima.

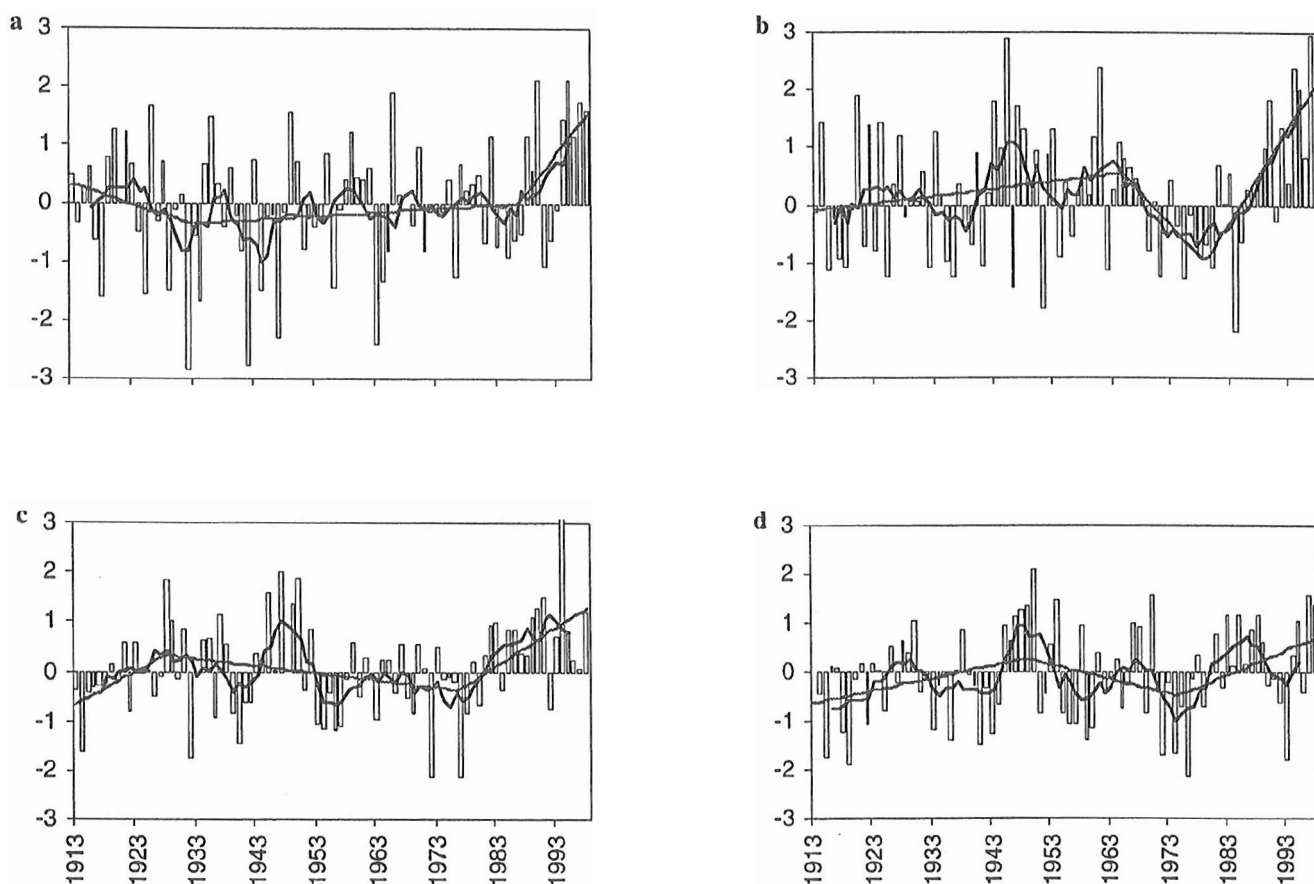


Figura 2. Evolución estacional a largo plazo de las temperaturas máximas en la región catalana. Fig. **a)** Anomalías promedio del invierno. **b)** Anomalías de la primavera. **c)** Verano. **d)** Otoño. 1, 2 y 3: Como en la Figura 1

Tras su examen y comparación con los valores recogidos en el Cuadro nº II, puede comprobarse la contribución relativa con la que cada estación del año colabora en la estimación del patrón anual. En la configuración de la fuerte tendencia positiva final de las temperaturas máximas contribuye principalmente la primavera, seguida del invierno, aunque el alto coeficiente estimado en la estación invernical no alcanza los niveles de significación establecidos. Les secundan el verano, con aproximadamente la mitad de la contribución primaveral y el otoño, aunque ésta última no es significativa.

Asimismo en la configuración del subperíodo frío de los setenta, ha sido otra vez más la primavera, seguida del otoño y el verano, las estaciones del año que han contribuido a su constitución,

mientras que el invierno ha registrado, contrariamente, una ligera tendencia positiva sin alcanzar, como el otoño y el verano, los niveles de significación elegidos.

La tendencia al incremento térmico detectada desde el inicio de la serie hasta uno u otro año de cambio en la misma según la estación del año, indica que la primavera ha obtenido tendencias positivas hasta mitad de los sesenta en los que se inicia la caída térmica reseñada. Por el contrario, durante el verano, la tendencia positiva finaliza a principios de los treinta y en otoño perdura hasta inicios de los cincuenta. En las tres estaciones se configura una fase cálida en torno a la década de los cuarenta que determina su configuración en base anual. Por el contrario, los inviernos se diferencian del resto de estaciones, ya que registran una tendencia ligeramente negativa que finaliza a principios de los treinta. No obstante, ninguna de las estimaciones alcanzan los niveles de significación requeridos.

A continuación, en la Figura 3 a, 6, c, d se proporciona la evolución temporal de las anomalías estacionales de la temperatura mínima y en el Cuadro III los coeficientes de las tendencias parciales establecidas a partir de la estimación de dos puntos de cambio en la tendencia total para distintos períodos seleccionados.

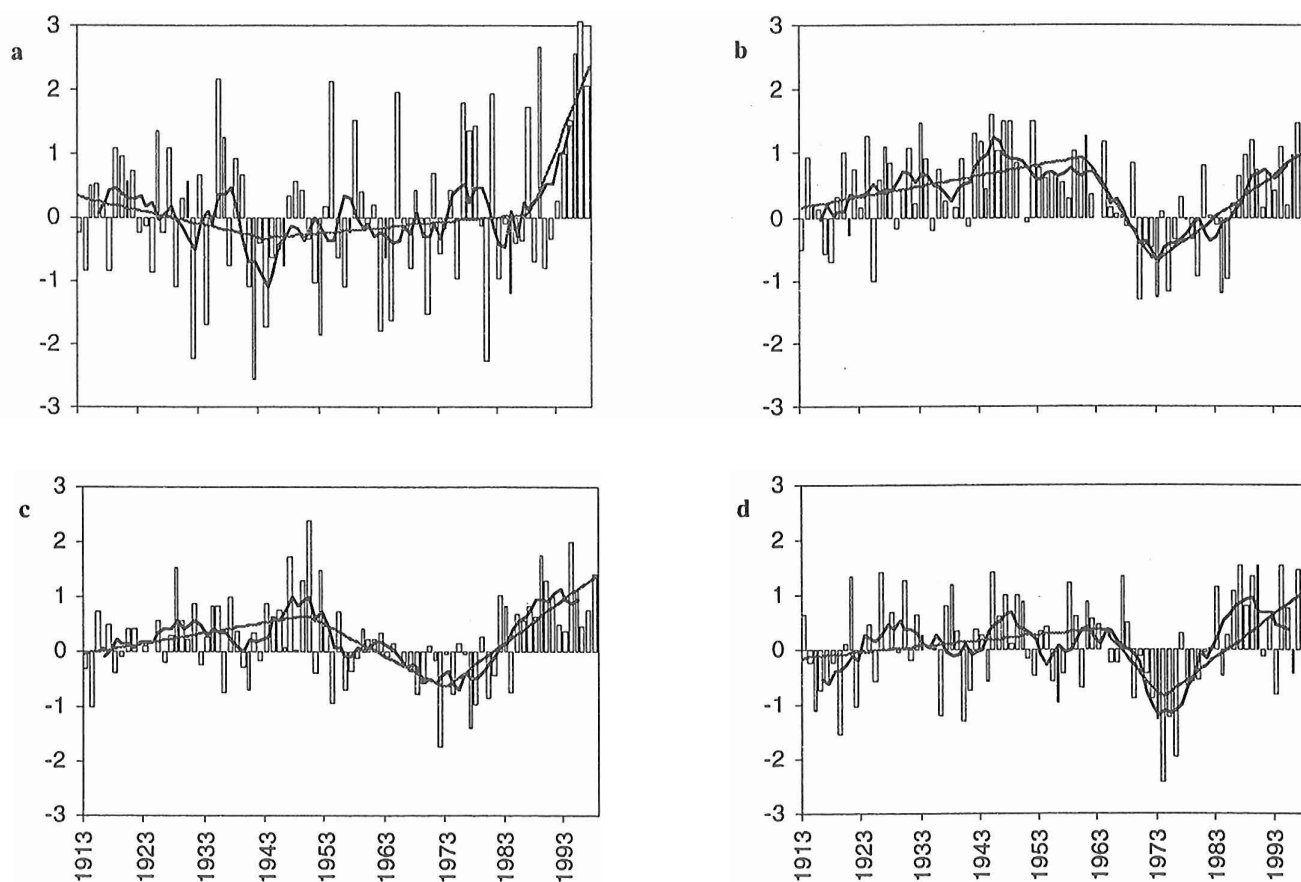


Figura 3.- Evolución estacional a largo plazo de las temperaturas mínimas en la región catalana. Fig. a) Anomalías promedio del invierno. b) Primavera. c) Verano. d) Otoño. 1, 2 y 3: Como en la Figura 1

De la contribución estacional a la configuración de las variaciones temporales en base anual de las temperaturas mínimas destaca los altos valores positivos de la tendencia invernal ($0,24\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$) durante los últimos diez años del período, pese a su alta variabilidad interanual. Este elevado coeficiente de tendencia ha contribuido significativamente a las altas estimaciones anuales del rápido y abrupto calentamiento final. También el otoño y el verano han obtenido elevadas y positivas tendencias en el tramo final de la serie, aunque a diferencia del invierno, éstas se inician desde mediados los setenta y perduran hasta la actualidad. Con menor peso, aunque igualmente significativo, la primavera también obtiene valores positivos en el sostenido incremento térmico final.

En la configuración de la tendencia fría registrada desde aproximadamente mediados de esta centuria hasta mitades de la década de los setenta, han contribuido significativamente las estaciones equinocciales, primavera ($-0,14\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$) y otoño ($-0,13\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$), mientras que la estimación estival aunque del mismo signo y significación es de menor magnitud ($-0,058\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$). Por el contrario, el invierno no registra tendencia fría en este subperíodo, siendo nula su participación en su configuración (Cuadro nº III).

La débil tendencia al incremento inicial de la serie es debida al ligero y significativo aumento de las temperaturas mínimas primaverales ($0,017\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$) que se extiende hasta finales de los cincuenta. También contribuye significativamente el verano ($0,019\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$), aunque esta tendencia positiva finaliza con anterioridad, en torno a finales de los cuarenta. El otoño obtiene un comportamiento similar en el tramo inicial, pero sin alcanzar la estimación los valores de significación elegidos. En cambio, en los inviernos de los treinta primeros años se registra una tendencia negativa y no significativa de $-0,021\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$, contrastando nuevamente con el comportamiento del resto de estaciones.

Para finalizar y como se ha descrito para las variaciones y tendencias del patrón anual de la ATD, el similar comportamiento estacional entre máximas y mínimas y la reducida diferencia en la ratio de ambas tendencias, dan lugar en el conjunto de estaciones y subperíodos establecidos a estimaciones no significativas, salvo la calculada para el otoño que obtiene valores positivos en los últimos diez años del período ($0,115\text{ }^{\circ}\text{C año}^{-1}$).

3. CONCLUSIONES

La región catalana ha presentado durante este siglo un significativo incremento de las temperaturas máximas. Las temperaturas mínimas, aunque también se han incrementado, no han alcanzado los niveles de significación elegidos. Ello ha conllevado a un ligero y no significativo incremento de la amplitud térmica diaria, en acuerdo parcial con lo detectado en otras regiones del planeta.

El análisis de las variaciones a largo plazo evidencian la existencia de tres subperíodos de distinta tendencia y comportamiento térmico. En primer lugar, destaca la abrupta, sólida y sostenida tendencia positiva del tramo final de la serie. También es reseñable, la fase fría que desde inicios de los sesenta se extiende hasta mediados de los setenta. Finalmente, se ha detectado, desde inicios del período hasta los años sesenta, una fase de ligero incremento de las temperaturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, E., J. M. LÓPEZ, M. BRUNET, O. SALADIE, X. SIGRÓ y D. LÓPEZ (1999): "Control de calidad y proceso de homogeneización de series térmicas catalanas" en I Congreso Nacional de la Asociación Española de Climatología, Barcelona XII-1999 pp. 15-24
- ALEXANDERSSON, H. y A. MOBERG, (1997): "Homogeneization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends", *Int. Journal of Climate*, **17**, 25-34.
- BRUNET, M., E. AGUILAR, O. SALADIE, J. SIGRÓ y D. LÓPEZ (1999): "Evolución térmica reciente de la región catalana a partir de la construcción de series climáticas regionales", en I Congreso Nacional de la Asociación Española de Climatología, Barcelona XII-1999 (Comunicación enviada).
- BÜCHER, A. y J. DESSENS (1991): "Secular trend of surface temperature at an elevated observatory in the Pyrenees", *Journal of Climate*, **4**, 859-868.
- HANSEN, J. E. Y S. LEBEDFF (1988): "Global surface temperatures: Update through 1987", *Journal Geophysical Research Letters*, **15**, 323-326.
- JONES, P. D. (1992): "Maximum and minimum temperature trends over Sudan", en D. E. PARKER (Ed.): *International Temperature Workshop*, Hadley Research Centre.
- JONES, P. D. (1994): "Hemispheric Surface Air Temperature Variations: A Reanalysis and an Update to 1993", *Journal of Climate*, **7**, 1794-1802.
- JONES, P. D., S. C. B. RAPER, R. S. BRADLEY, H. F. DIAZ, P. M. KELLY y T. M. L. WIGLEY (1986): "Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851-1984", *Journal of Climate Applied and Meteorology*, **25**, 161-179.
- KARL, T. R., G. KUKLA, V. N. RAZUVAYEV, M. J. CHANGERY, R. G. QUAYLE, R. R. HEIM, D. R. EASTERLING y C. B. FU (1991): "Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change", *Geophysical Research Letters*, **18**, 2253-2256.
- KARL, T. R., P. D. JONES, R. W. KNIGHT, G. KUKLA, N. PLUMMER, V. RAZUVAYEV, K. P. GALLO, J. LINDSEAY, R. J. CHARLSON y T. C. PETERSON (1993): "A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature", *Bulletin of the American Meteorological Society*, **74**, 1007-1023.
- LOPEZ, D., M. BRUNET, J. M. LOPEZ, E. AGUILAR, O. SALADIE y J. SIGRO (1999): "Homogeneization of NE Spain Maximum and Minimum Surface Air Temperatures, 1910-1998", *Geophysical Research Abstracts*, **1**, 2, 550.
- SOLOW, (1987): "Testing for climatic change: an application of the two-phase regression model", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, **26**, 1401-1405.
- VINNIKOV, K. Ya., P. Ya. GROISMAN y K. M. LUGINA (1990): "The empirical data on modern global climate changes (temperature and precipitation)", *Journal of Climate*, **3**, 662-677.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por CICYT, Proyecto de Investigación de I+D CLI96-1842-C05-01. Agradecemos al I.N.M. por la cesión de la base de datos y especialmente al personal del Centro Meteorológico de Barcelona, Sr. Lara (Director) y Sara Satué (responsable Sección de Climatología), por su colaboración en el proceso de recuperación de datos. También, agradecemos la participación de P. Chana durante el tratamiento de los datos.